

118



Digitized by the Internet Archive
in 2026

DE
L'ÉPURATION DE L'EAU
EN TONNEAU DE BOIS
POUR LES ARMÉES EN CAMPAGNE

DE

L'ÉPURATION DE L'EAU

EN TONNEAU DE BOIS

POUR LES ARMÉES EN CAMPAGNE

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue à l'Ecole Supérieure de Pharmacie de Montpellier

Le **Février 1920**

PAR

Julien FABRE

Pharmacien de 1^{re} classe

Préparateur de chimie minérale à l'Ecole de pharmacie

Ex-pharmacien aide-major au Groupe de brancardiers de la 14^{me} D. I.

Croix de Guerre

Pour obtenir le Diplôme de Docteur de l'Université de Montpellier

(MENTION PHARMACIE)

JURY : { MM. FONZES-DIACON, Professeur, *Président*.
FAUCON, Agrégé.
JUILLET, Agrégé. } *Assesseurs.*


MONTPELLIER

Imprimerie l'ABEILLE (Coopérative Ouvrière)

14. Avenue de Toulouse. — Téléphone : 8-78

—
1920



ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE MONTPELLIER

ADMINISTRATION

MM. G. MASSOL (*, I. P. ☉)	Directeur.
H. FONZES-DIACON (*, I. P. ☉)	Assesseur.
E. IZARD (I. P. ☉)	Secrétaire.
H. GOT (I. P. ☉)	Secrétaire honoraire.

PROFESSEURS

MM. L. COURCHET (I. P. ☉)	{ Histoire naturelle des médicaments. Botanique.
G. MASSOL (*, I. P. ☉)	{ Physique appliquée.
Ch. ASTRE (I. P. ☉)	{ Chimie organique.
H. IMBERT (I. P. ☉)	{ Chimie analytique et Toxicologie.
H. FONZES-DIACON (*, I. P. ☉)	{ Chimie minérale.
A. ASTRUC (I. P. ☉)	{ Pharmacie galénique et industrielle.

Professeur honoraire: M. JADIN

CHARGÉS DE COURS

MM. P.-J. TARBOURIECH (*, I. P. ☉)	{ Pharmacie chimique.
	{ Chimie biologique.
M.-A. FAUCON (A. ☉)	{ Zoologie pharmaceutique.
A. JUILLET (A. ☉)	{ Matière médicale.
	{ Microbiologie.
	{ Parasitologie.
CANALS, préparateur	{ Botanique cryptogamique.
MOYE, prof. Fac. Droit (I. P. ☉) ..	{ Législation pharmaceutique.

AGRÉGÉS

MM. P.-J. TARBOURIECH (*, I. P. ☉) ..	
A. FAUCON (A. ☉) ..	
A. JUILLET (A. ☉) ..	

CHEFS DES TRAVAUX PRATIQUES

MM. M.-A. FAUCON (A. ☉)	Physique.
A. JUILLET (A. ☉)	Histoire naturelle.
FARRÉ (A. ☉)	Chimie et Pharmacie.

NOTA. — L'École de Pharmacie n'accepte la responsabilité d'aucune des opinions émises par les candidats dans les Thèses ou Synthèses qui lui sont présentées.

A LA MÉMOIRE
DE MON PÈRE ET DE MON FRÈRE

A MA MÈRE ET MA SOEUR

*Bien faible témoignage de reconnaissance
pour leur dévouement sans bornes et leur
sollicitude incessante.*

A MES CAMARADES
DU GROUPE DE BRANCARDIERS DE LA 14^e D. I. :

D^{rs} COLINEAU, médecin-chef ; WALTER et CHEREL ;
MM. l'abbé VERCHOT et le pasteur G. LAUGA,
aumôniers militaires et A. CAUX, officier
d'administration.

J. FABRE.

A MON MAÎTRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE DOCTEUR FONZES-DIACON

PROFESSEUR DE CHIMIE MINÉRALE

CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

A M. LE PROFESSEUR AGRÉGÉ A. JUILLET

CHARGÉ DU COURS DE BACTÉRIOLOGIE ET DE MATIÈRE MÉDICALE

J. FABRE.

DE

L'ÉPURATION DE L'EAU

EN TONNEAU DE BOIS

POUR LES ARMÉES EN CAMPAGNE

INTRODUCTION

La potabilité de l'eau est un point de l'hygiène des troupes en campagne d'une importance primordiale depuis que l'on reconnaît à la contamination hydrique une place prépondérante dans l'étiologie des maladies épidémiques.

C'est pourquoi, dès les premiers mois de la guerre de 1914, le Grand Quartier Général, dans une circulaire en date du 27 octobre, recommandait l'épuration chimique de l'eau. Plus tard, l'ordre formel fut donné d'épurer systématiquement toutes les eaux de boisson, et la circulaire du 24 juin 1915 prescrivait : « Les officiers, à tous les degrés de la hiérarchie, doivent s'efforcer de convaincre les hommes de l'utilité des instructions relatives à l'absorption de l'eau non contaminée et prendre les mesures nécessaires pour obtenir la stricte application de ces instructions. »

Comment assurer l'épuration de l'eau ? Le G. Q. G. recommandait les trois procédés chimiques suivants :

- 1° Emploi de l'hypochlorite de soude ou javellisation ;
- 2° Emploi des Poudres Lambert au permanganate ;
- 3° Emploi des Comprimés Vaillard-Georges à l'iode.

Pratiquement, l'hypochlorite, pour des raisons multiples : facilité d'emploi, prix de revient peu coûteux, activité très grande, fut à peu près seul utilisé.

La substance épurante n'est pas tout ; il fallait aussi un récipient point trop incommode à manier et trouvable aisément. En campagne, les moyens de fortune et les plus simples d'application sont ceux auxquels on a recours de préférence. A ce moment-là, les tonneaux de bois, qui avaient servi à transporter le vin destiné au ravitaillement de la troupe jusqu'aux premières lignes même, abondaient au front et ce fut à eux qu'on s'adressa comme récipients d'eau épurée. On les défonçait d'un côté, on les remplissait d'eau, on ajoutait l'hypochlorite, et, au bout d'un certain laps de temps, l'eau était prête à la consommation.

Mais ces tonneaux de bois étaient plus ou moins imprégnés encore des matières organiques du vin qu'ils avaient contenu. D'autre part, certaines eaux — celles de l'Argonne, par exemple — tiennent en suspension des particules crayeuses qui s'accumulaient sur les parois du tonneau. Des instructions précises avaient été données par le Commandement concernant l'entretien du tonneau, mais, l'insuffisance de brossage et lavage, le défaut de surveillance de ceux qui en étaient chargés, firent que l'épuration qu'on était en droit d'attendre devint le plus souvent inexistante, pour ne pas dire illusoire. Le soldat français, de tempérament railleur, ne

tarda pas à regarder avec scepticisme cette pratique de l'épuration.

Les critiques ne furent pas longues à surgir, s'élevant contre l'emploi du tonneau, proposant son remplacement ou prônant le revêtement des douves de telle ou telle autre substance. En voici quelques-unes :

« L'insuffisance (de javellisation) paraît attribuable à la nature des récipients (tonneaux de bois) dans lesquels étaient effectuée la javellisation » (Massy, 1917) (1).

« Le goût désagréable dû à l'excès de Cl disparaît, en effet, très rapidement fixé par le bois du tonneau, de telle manière que l'eau ainsi javellisée ne colore même plus après très peu de temps le réactif ioduré-amidonné » (Comte, 1916).

« Afin d'éviter l'attaque par les hypochlorites des matières organiques du bois, tous les récipients ont été paraffinés intérieurement », et en note :

« Dont l'application devrait être généralisée au tonneau à eau potable » (Péneau, 1916).

« Cette action du Cl sur les eaux d'alimentation doit être d'abord étudiée dans des récipients dont la substance ne peut réagir sur l'hypochlorite.

» Il y a le plus souvent disparition de l'excès de Cl par fixation de celui-ci sur le récipient où s'opère la javellisation. Pour la grande majorité des cas, cette opération s'est passée jusqu'à présent dans des tonneaux de bois », et en observation :

« Il y aurait lieu de proscrire les tonneaux de bois. »

(1) Les noms d'auteurs écrits entre parenthèses et suivis de l'année renvoient à l'Index bibliographique.

« Or la rapidité de combinaison du Cl avec le bois paraît au moins égale sinon supérieure à celle du même agent pour les matières organiques de l'eau. Il en résulte que dans ces récipients la disparition du Cl peut être complète en peu de temps » (Guillaumin et Vienne, 1915).

Dans une circulaire sur la javellisation en date du 25 août 1918 le Sous-Secrétaire d'Etat du Service de Santé militaire prescrivait aux Directeurs du service de santé de toutes les Régions :

« De bien vouloir donner les ordres les plus formels pour qu'une surveillance rigoureuse de la correcte javellisation de l'eau soit exercée en permanence » en faisant procéder à des analyses fréquentes qui « porteront sur la teneur en Cl libre et la valeur bactériologique de l'eau ». « C'est ainsi qu'on a pu constater que cette eau était contenue dans des récipients présentant une mauvaise odeur. D'autres fois l'analyse bactériologique d'échantillons puisés dans les tonneaux d'eau dite javellisée a décelé la *présence de germes très nombreux*. »

Voici, à titre d'exemple, l'analyse bactériologique de l'eau prélevée à un tonneau d'eau dite javellisée à Port-V...s et effectuée à l'hôpital militaire de Perpignan, 10 octobre 1918.

Numération	744.800 germes au cc.
Dont.....	11.770 liquéfiantes.
Colibacilles, plus de.....	20.000 au litre.

Alors que l'eau servant à la javellisation renfermait le même jour :

Numération.....	2.080 germes au cc.
Dont.....	401 liquéfiantes.
Colibacilles.....	4.000 au litre.

en sorte qu'au lieu d'être stérilisée, l'eau s'était transformée en un véritable bouillon de culture.

On voit par ces critiques, circulaires et exemples, combien l'emploi du tonneau n'était pas dépourvu d'inconvénients et même de dangers.

Durant les trois dernières années de la guerre, j'ai été chargé, comme pharmacien toxicologue au groupe de brancardiers de la 14^e D. I., de la surveillance des eaux dans les nombreux secteurs du front où cette division a opéré. Comme beaucoup de mes confrères j'ai eu dans l'exercice de ces fonctions des déboires dus à l'insuffisance de javellisation.

Il était matériellement impossible, vu les faibles ressources des laboratoires portatifs dont étaient dotés les G. B. D. et surtout leur installation de fortune autant qu'éphémère, de faire dans cette voie les moindres recherches suivies.

Revenu à l'intérieur, j'ai voulu essayer de déterminer par une série d'expériences, si l'épuration par les procédés courants peut se faire efficacement et réellement dans un tonneau de bois, ou bien si cette opération est illusoire, et c'est là l'objet du travail que j'ai l'honneur de présenter à mes maîtres aujourd'hui.

Cette étude comprend quatre chapitres :

Le premier est consacré à l'épuration et ses trois principaux modes : c'est-à-dire la javellisation ou épuration par l'hypochlorite, la « permanganation » ou épuration par le permanganate, l'« iodisation » ou épuration par l'iode.

Le deuxième chapitre est la description détaillée de la technique bactériologique employée dans mes essais.

Le troisième comprend ces essais proprement dits,

c'est-à-dire l'épuration de l'eau en tonneau par javellisation, permanganatation et iodisation.

Dans le quatrième, enfin, j'ai résumé mes observations sous forme de conclusions.

Mais, avant d'aborder l'étude de ce travail, qu'il me soit permis d'exprimer à cette place mes sentiments de déférence et de gratitude envers mes maîtres de l'École de Pharmacie de Montpellier, et surtout envers M. le professeur Fonzes-Diacon, professeur de chimie minérale.

J'ai eu l'heureuse fortune, étant étudiant de deuxième année, d'être choisi par lui comme préparateur de son cours; dès le premier jour, je fus accueilli dans son laboratoire avec l'amabilité et la bienveillance auxquelles tous ceux qui l'approchent rendent hommage, et qui, depuis bientôt huit ans, ne m'ont jamais fait défaut. De sa part, j'ai toujours été l'objet d'un intérêt très vif et d'encouragements incessants. Auprès de lui, j'ai appris l'amour de la science et de la recherche, et, si pendant la guerre j'ai pu parfois être utile, c'est à lui que je le dois. Qu'il reçoive en ce jour l'expression de ma reconnaissance profonde et inaltérable.

C'est sur les indications de M. le professeur agrégé Juillet que j'ai poursuivi cette étude. Je le remercie bien vivement de m'avoir initié à la pratique bactériologique et d'avoir dirigé mes pas très hésitants dans le domaine de la microbiologie. Huit mois durant, je n'ai cessé de trouver auprès de lui les conseils les plus éclairés et les plus profitables. De ce rapprochement quotidien, de ce

commerce où l'amitié et le labeur marchaient de pair, je conserve le meilleur des souvenirs.

M. le professeur agrégé Faucon m'a fourni de très utiles renseignements bibliographiques et a bien voulu siéger parmi le jury de cette thèse. A ce double titre je le prie d'accepter tous mes remerciements.

Je n'aurai garde enfin d'oublier la sympathie toute particulière et les marques d'intérêt que n'a cessé de me témoigner M. le professeur agrégé Tarbouriech, chargé du cours de pharmacie ; qu'il soit assuré ici de mon dévouement et de ma déférente gratitude !

CHAPITRE PREMIER

DE L'ÉPURATION CHIMIQUE DE L'EAU

Il ne pourrait être question ici de parler de tous les modes d'épuration chimique qui ont été proposés par de nombreux hygiénistes depuis que la stérilisation de l'eau a pris la place prépondérante que l'on sait ; un tel développement sort du léger cadre de ce modeste chapitre. Le service de santé militaire ayant conseillé les procédés à l'hypochlorite, l'iode et le permanganate, c'est uniquement de ces trois procédés que nous parlerons.

Ce chapitre sera donc divisé en trois paragraphes :

- 1° « Javellisation » ou épuration par l'hypochlorite.
- 2° « Permanganatation » ou épuration par le permanganate.
- 3° Iodisation » ou épuration par l'iode.

§ 1^{er}. Javellisation

La Javellisation est l'épuration de l'eau par l'hypochlorite de soude en solution concentrée appelé communément « Extrait de Javel », Une telle dénomination est

inexacte, car théoriquement l'eau de Javel (1) désigne « l'hypochlorite de potassium », l'hypochlorite de soude étant appelée « liqueur de Labarraque ». Or, tous les hypochlorites liquides préparés en vue de la stérilisation de l'eau sont obtenus par une double décomposition entre l'hypochlorite de calcium et le carbonate de sodium. Mais pendant la guerre on a par extension appliqué le mot de « Javel » à ces hypochlorites de soude ; comme leur teneur en Cl était assez élevée, on les a baptisés « Extrait de Javel » et maintenant l'usage a conservé une telle dénomination.

L'agent épurateur dans la javellisation est le chlore. Celui-ci, oxydant indirect, se comporte dans l'eau d'après la formule schématique suivante :



et l'oxygène produit agit sur les matières organiques de l'eau, les oxyde et les détruit.

De tous les procédés d'épuration, c'est le plus commode d'emploi et d'un prix de revient peu coûteux.

La javellisation n'est pas très ancienne de date :

Traube et Bassenge signalèrent en 1895, comme moyen de stérilisation de l'eau, l'emploi du chlorure de chaux ; l'excès de Cl était neutralisé par le sulfite de sodium. « Zeitschrift für Hygien med. » T. 20, p. 227, 1895.

Aux Etats-Unis, et principalement à New-York, le chlore est utilisé comme agent épurateur de l'eau, depuis quelques années déjà (2).

(1) Il faut également remarquer que sous le terme de « Poudre de Javel » ou « Javelle » on entend couramment le chlorure de chaux.

(2) A signaler que les hygiénistes américains tendent à remplacer la javellisation par la « chloration » (Cl liquide ou gazeux). J. Phie et Ch^e, 1918, T. XVIII, n° 4, p. 116, d'après Revue d'hygiène et police sanitaire, 1918, p. 1.

A Paris, cet emploi remonte à 1911, et ce fut sur les conseils de M. le Dr Roux, directeur de l'Institut Pasteur, qu'il fut introduit.

Au début de la guerre, le service de santé militaire conseilla cette épuración. Elle fut employée sur une très grande échelle, aussi bien à l'arrière qu'au front, et donna lieu à de nombreuses et nombreuses circulaires ou notes.

Comment se faisait cette épuración ? Les modes peuvent se résumer à deux, soit :

1° Qu'on mette une quantité fixe de Cl : 1, 2, 3 milligrammes par litre ;

2° Qu'on détermine empiriquement la quantité.

1^{er} mode

La note du ministère de la Guerre, n° 24772 C/7, en date du 12 juillet 1915, donne les instructions suivantes :

« Pour connaître la dose exacte de Cl nécessaire à la purification donnée, il faudrait faire sur cette eau des essais de purification suivis d'analyses bactériologiques.

», On adoptera, suivant les eaux auxquelles on aura affaire et notamment suivant leur teneur supposée en matières organiques, les doses de Cl ci-après, comme suffisantes dans la plupart des cas :

Eau de source limpide, vraisemblablement pauvre en matières

organiques 1 milligr. de Cl
actif par litre

Eau de source, de puits, de cours d'eau, dont la limpidité n'est pas parfaite et qui paraît contenir une quantité notable de matières organiques.....

2 milligr. de Cl

Eau de puits, de cours d'eau
trouble assez riche en matières
organiques 3 milligr. de Cl

2^e mode (1).

« Préparer une dilution à 1/10 de l'extrait de Javel dont on dispose.

» Dans une série de flacons de 1 litre, numérotés 1, 2, 3, 4, 5, et remplis d'eau naturelle, ajouter, en notant ces doses, 2, 3, 4, 5, 6 gouttes de la dilution ci-dessus. Agiter. Attendre 30 minutes.

» Dans une série de tubes à essai, numérotés 1', 2', 3', 4', 5', verser 6 cc. environ de réactif empois d'amidon ioduré; puis, dans le tube 1', ajouter lentement, par écoulement le long de la paroi, 5 cc. environ de l'eau du flacon n° 1; dans le tube n° 2', même quantité de l'eau du flacon n° 2, et ainsi de suite sans mélanger les deux liquides. Le tube dans lequel se produira un anneau de teinte bleue indiquera un excès de Cl dans l'eau du flacon correspondant, et le nombre de gouttes d'hypochlorite au 1/10 qu'on y aura introduit, multiplié par 10, donnera le nombre de gouttes d'extrait de Javel concentré à employer pour 100 litres d'eau naturelle: »

Pour neutraliser l'excès de Cl et par suite enlever la légère odeur consécutive, divers corps ont été recommandés : infusion de thé, marc de café frais en macération, poudre de badiane, hyposulfite de soude, eau oxygénée, etc.

C'est surtout l'hyposulfite de soude en solution au 1/10,

(1) Note de la II^e Armée. D. E. S. Service de santé, n° 8064 M/A, 20 octobre 1916.

appelé « sterilo », qu'on employait, à raison de 0 gr. 10 pour 0 gr. 01 de chlore actif (1).

Ceci dit, voici comment on procédait généralement :

On groupait par deux, à proximité d'un point d'eau, des tonneaux de bois de 200 litres environ, tonneaux défoncés et munis d'un couvercle et d'un robinet de bois.

On versait, soit avec une manche, soit avec des seaux de campement, 100 litres d'eau. On ajoutait le Cl nécessaire ; on remplissait complètement d'eau et on brassait l'eau avec un bâton ; on plaçait alors sur le tonneau ainsi préparé une pancarte portant la mention : « Eau en voie de stérilisation ». Après 24 heures, ou 30 minutes suivant le deuxième mode signalé, p. 19, on remplaçait cette pancarte par une deuxième, portant la mention : « Eau stérilisée », et l'eau était prête à être livrée à la consommation.

Vingt-quatre heures après la javellisation, l'eau était à renouveler. « L'expérience a montré que l'eau qui stagne plusieurs jours dans un tonneau, malgré l'épuration dont elle a été initialement l'objet, ne tarde pas à prendre un goût de futaille et à renfermer des particules organiques en suspension, qui peu à peu se sédimentent ; il se forme ainsi sur les parois un dépôt boueux où les germes pullulent pour envahir ensuite toute la masse liquide. » (Tournade. Pratique de l'hygiène en campagne).

En conséquence, on vidait chaque jour les tonneaux

(1) L'hyposulfite de sodium détruit le Cl libre suivant la formule suivante :

$$3S^2O^3Na^2 + 10Cl + 5H^2O = Na^2SO^4 + 8HCl + SO^4H^2 + S^4O^6Na^2 + NaCl$$

(Dienert et Wandenblucke, C. R. Académie des Sciences, 7 juillet 1919).

complètement et on les rinçait avant nouvel usage ; de plus, deux fois par semaine, on les nettoyait avec une eau fortement javellisée (20 gouttes d'extrait pour 10 litres d'eau).

L'« Instruction complémentaire, du G. Q. G., n° 6004/D, du 14 février 1916, relative aux précautions à prendre contre la contamination des eaux potables », donne le procédé d'épuration par l'hypochlorite de soude comme le procédé de choix et ajoute :

« Qu'il ait été appliqué aux voitures, aux tonneaux fixes des cantonnements ou aux récipients sur voitures, ce procédé a toujours donné de bons résultats lorsque les diverses instructions qui en ont réglé les détails ont été strictement observées. »

§ 2. Permanganatation

La permanganatation est l'épuration de l'eau par le permanganate. Oxydant énergique, ce dernier, en effet, est un excellent agent d'épuration ; de plus, la teinte légèrement rosée qu'il communique à l'eau et qui doit persister, permet de s'assurer que l'eau a été réellement épurée.

Les méthodes basées sur l'emploi du permanganate sont nombreuses ; elles ne diffèrent que par le corps chimique chargé de fixer l'excès de permanganate.

Ce fut Lerebault qui le premier, dès 1870, préconisa l'emploi de MnO_4K dans l'épuration des eaux. Il indiquait 0 gr. 10 par litre et un contact de 40 minutes. L'excès était détruit par une substance aromatique.

En 1892 M^{le} Schipilof décrivit longuement l'utilité du

procédé et préconisa l'emploi du sucre pour enlever l'excès de MnO^4K .

Par la suite Chicandart remplaça le sucre par le café ou le thé.

Bordas et Guiart employèrent le permanganate de chaux. L'excès était détruit par du bioxyde de manganèse aggloméré avec du charbon.

Lapeyrère (pharmacien principal de la Marine) a utilisé la poudre suivante :

Permanganate de K.....	3 gr.
Alun de soude sec	10 gr.
Carbonate de sodium sec.....	9 gr.
Chaux de marbre éteinte.....	3 gr.

à la dose de 0 gr. 25 par litre d'eau à épurer. Après 5 minutes de contact, alors que la teinte rose persiste, on filtre dans des manchons coniques d'étain ou d'aluminium, dans lesquels on a tassé de la ouate de tourbe saturée d'oxyde brun de manganèse.

Cette méthode a été utilisée avec succès aux colonies et au Maroc. Elle a fait l'objet d'un rapport présenté par Laveran à l'Académie de médecine et paru au Bulletin de cette Société savante (7 décembre 1897, p. 585).

Le procédé Gabriel Lambert (pharmacien-major des Troupes coloniales) est basé sur l'emploi du sulfate manganeux comme éliminateur de l'excès de permanganate (Revue d'hygiène et de police sanitaire, juillet 1906, p. 578).

La formule est la suivante :

1° Poudre oxydante :

Permanganate de potasse .	0 gr. 06
Carbonate de soude sec...	0 gr. 10

2° Poudre réductrice :

Sulfate manganeux..... 0 gr. 048

Sulfate d'alumine..... 0 gr. 108

Ce sont les quantités par litre d'eau à épurer. Ajouter la première poudre, agiter et attendre 10 minutes : ajouter la deuxième poudre, agiter et filtrer. Différents systèmes de filtres ont été construits sur ce principe.

Le procédé Georges Lambert (pharmacien-major des Troupes coloniales) est le procédé de choix, quand il s'agit d'épurer des eaux troubles et boueuses.

Comme dans le procédé précédent, il y a non seulement une oxydation produite par le permanganate, il y a encore un « encollage » dû à la formation, au sein de l'eau, d'un précipité gélatineux (hydrate d'alumine, bioxyde de manganèse, sels de chaux, etc...), d'abord colloïde, puis floconneux, qui entraîne les particules solides en suspension et une partie des bactéries. Ce précipité se sépare facilement par filtration sur un simple tampon de coton hydrophile. Le procédé Georges Lambert diffère du précédent par l'adjonction de talc, qui vient faciliter la filtration. Ce procédé a été adopté par le Service de Santé militaire.

Voici sa formule et son mode d'emploi :

1° *Poudre oxydante ou Poudre grise*

Permanganate de potasse.... 0 gr. 12

Bioxyde de manganèse..... 0 gr. 10

Talc en poudre..... 0 gr. 74

Carbonate de chaux..... 0 gr. 04

2° *Poudre réductrice ou Poudre blanche*

Hyposulfite de soude..... 0 gr. 12

Talc en poudre..... 0 gr. 88

Cette quantité suffit pour traiter deux litres d'eau trouble ou dix litres d'eau limpide. Mettre la première poudre dans l'eau et agiter. Laisser en contact de 20 à 30 minutes, car plus l'action du permanganate se prolonge, plus son action épurante et bactéricide est certaine. L'eau doit conserver une teinte rose, indiquant que la dose était suffisante. Ajouter alors la poudre réductrice, qui correspond volume à volume à la poudre oxydante. Agiter le liquide.

La clarification de l'eau se fait spontanément par formation d'un précipité brun jaunâtre qui se dépose au fond du récipient en « collant » les particules en suspension. Georges Lambert filtrait sur coton hydrophile.

Le médecin-major Garret a proposé un filtre à grand débit et qui porte son nom. Ce filtre a été adopté lui aussi par le Service de Santé militaire (Archives de médecine et pharmacie militaires, août 1915, p. 67-73).

§ 3. Iodisation

L'Iodisation est l'épuration chimique de l'eau par l'iode. Comme le chlore, comme le brome, l'iode agit par l'oxygène naissant. Cette action bien connue des halogènes, se produit suivant la formule



L'iode est employé depuis plus de vingt ans pour la purification de l'eau.

En 1895, Allain (1) indiquait que huit gouttes normales de teinture d'iode (Codex 1888) suffisaient après

(1) Bulletin de la Société industrielle de Marseille, 1895, p. 113 et suivantes.

30 minutes de contact à tuer tous les germes pathogènes non sporulés et la majorité des saprophytes.

L'excès d'iode était détruit par une trace d'hyposulfite ou une cuillerée d'infusion de thé, ou encore un peu de vin.

Ce procédé a servi au Tonkin, au Soudan et dans diverses expéditions coloniales.

Malmejac reprit cette méthode en 1900 et étudia comparativement l'action épurante des trois halogènes Cl, Br, I.

Il trouva que : 1° Pour un même résultat le Cl est environ 2,5 fois plus actif que le Br et ce dernier 2 fois plus actif que l'iode.

2° Pour une même quantité d'halogène le même résultat était atteint en 10 minutes avec le Cl, 5 minutes avec le Br, 30 minutes avec l'iode.

En 1901, le médecin inspecteur général Vaillard et le pharmacien principal de 1^{re} classe Georges, tous deux anciens professeurs au Val-de-Grâce, introduisirent les premiers l'emploi de comprimés à base d'iode pour l'épuration de l'eau. Ce procédé a été adopté en France par le Service de Santé militaire (1).

Voici comment on opère :

Ces comprimés sont de trois sortes :

1° Comprimés bleus, contenant chacun :

Iodure de potassium..... 1 gr.

Iodate de sodium..... 40 gr. 156

2° Comprimés rouges, contenant chacun :

Acide tartrique..... 1 gr.

(1) Gaillard. — De l'épuration de l'eau. Conférence faite au Val-de-Grâce. Revue scientifique. N° du 11-18 mars 1916.

3° Comprimés blancs, contenant chacun :

Hyposulfite de sodium cristallisé 1 gr. 16

Dose : 1 comprimé des trois sortes pour 10 litres d'eau.

Mode d'emploi. — Au préalable on filtre l'eau, si elle est trouble. D'une part, faire dissoudre un comprimé rouge avec un comprimé bleu dans un demi-verre d'eau. Ceci a pour but de mettre l'iode en liberté : 0 gr. 60 pour 10 litres d'eau. Verser ce liquide fortement brun dans 10 litres d'eau à purifier. Laisser agir dix minutes au moins l'iode. D'autre part faire dissoudre un comprimé blanc dans un demi-verre d'eau. Au bout de 10 minutes, lorsqu'on suppose que l'action bactéricide de l'iode est suffisante, verser cette liqueur dans les 10 litres d'eau. Cette dernière addition vient enlever à l'eau à épurer l'excès d'iode qu'elle renfermait. L'hyposulfite de soude, en effet, fixe l'iode libre en donnant de l'iodure de sodium et du tétrathionate de sodium suivant la formule



Cette méthode d'utilisation de l'iode sous forme de comprimés est très ingénieuse, de manipulation simple et de conservation indéfinie.

Pendant la guerre (1) la Direction du Service de Santé de la XVI^e Région a proposé comme procédé efficace et rapide de stérilisation de l'eau, pour les militaires isolés et en particulier les officiers et leurs familles, le moyen suivant, basé aussi sur l'emploi de l'iode :

(1) De même le Conseil d'Hygiène de la Seine (séance du 2 octobre 1915) indique comme procédé de purification le moyen suivant :

Verser XV à XX gouttes de teinture d'iode fraîche par litre d'eau; après 15 minutes ajouter 2-3 petits cristaux d'hyposulfite de Na, jusqu'à décoloration complète.

1° Verser dans un récipient contenant l'eau, et au moyen d'un compte-gouttes, dix gouttes, par litre d'eau, de la solution :

Iode.....	0 gr. 30
Iodure de potassium...	0 gr. 60
Eau.....	60 cc.

Agiter et attendre 20 minutes.

2° Verser dans l'eau au moyen d'un compte-gouttes dix gouttes par litre d'eau d'une solution d'hyposulfite de soude à 1 pour 100 cc.

Agiter, l'eau est propre à la consommation.

Chlore, iode, permanganate, tels sont les trois agents d'épuration de l'eau, conseillés par le Service de Santé militaire.

Si j'ai insisté avec quelques détails sur ces trois procédés, c'est que je les ai utilisés dans mes essais d'épuration d'eau en tonneau de bois, en suivant scrupuleusement les prescriptions officielles.

CHAPITRE II

TECHNIQUE BACTÉRIOLOGIQUE ADOPTÉE POUR L'ANALYSE DE L'EAU

Pour me rendre compte de la façon la plus suivie de l'épuration de l'eau, je ne pouvais guère songer à l'analyse chimique, les variations dans les divers éléments étant d'un ordre trop intime. Ainsi, dans l'eau de Montpellier qui m'a servi de type dans tous mes essais, les matières organiques représentent en moyenne 0 mgr. 6 par litre d'oxygène absorbé en milieu alcalin, l'ammoniaque libre et albuminoïde n'atteint que des centièmes de milligramme.

Je me suis donc adressé à l'analyse bactériologique.

Il est établi, en effet, que les eaux renferment une teneur microbienne proportionnelle à leur pollution, et Miquel a donné des estimations numériques permettant de juger de la pureté d'une eau.

Toutefois, la numération à elle seule ne suffit pas, car une eau est mauvaise non seulement d'après sa trop grande richesse bactérienne, mais encore d'après sa

teneur en espèces pathogènes, telles que le vibrion cholérique, le bacille d'Eberth, etc.

La recherche de ces dernières, qui a donné lieu à de multiples controverses, est particulièrement difficile, pour ne pas dire illusoire. On tourne la difficulté en recherchant non pas directement ces germes pathogènes, mais le colibacille qui les accompagne toujours, « un de leurs satellites obligés et qu'il est plus facile de prendre comme témoin » (Sacquepée et Dopter).

Je me suis servi de la technique classiquement employée, avec, toutefois, certaines modifications et observations au sujet desquelles j'insisterai dans le cours de ce chapitre.

§ 1^{er}. Analyse quantitative. — Numération

J'ai fait la numération des germes aérobies sur plaques de gélatine en boîtes de Pétri. Chaque numération porte sur trois boîtes,ensemencées respectivement avec 1/50, 1/25, 1/10 de centimètre cube de l'eau à analyser. On fait au préalable une série de pipettes en verre dont on a étiré la pointe, de telle sorte que cette pipette donne 10 gouttes au centimètre cube. L'autre extrémité est obturée par un léger tampon de ouate. On met chaque pipette dans un étui et on stérilise au four.

Au moment de s'en servir, on sort aseptiquement la pipette de son étui, on la flambe et on la plonge dans le ballon d'eau à examiner. On insuffle de l'air dans cette masse d'eau ; cette insufflation permet de répartir d'une façon homogène les germes qui y sont contenus. On aspire finalement le liquide et, rapidement, on laisse tomber dans chacune des boîtes de Pétri stériles, 1 goutte,

II gouttes, V gouttes, représentant $1/50$, $1/25$, $1/10$ de centimètre cube.

On verse alors le contenu d'un tube renfermant 10 centimètres cubes environ du milieu suivant, préalablement porté à la température de $41^{\circ}5$:

Gélatine extra fine.....	120 gr.
Peptone.....	20 gr.
NaCl	5 gr.
Eau.....	1000 gr.

Homogénéiser le mélange d'eau et de gélatine par inclinaisons douces de la boîte. Laisser refroidir et porter à l'étuve de d'Arsonval à 18° - 20° , le couvercle de la boîte en dessous.

Il faut verser les gouttes de l'eau non pas dans le tube de gélatine fondue, mais bien directement dans la boîte. Cette mesure a son importance, comme je l'ai constaté à maintes reprises.

Il reste, en effet, toujours un peu de gélatine dans le tube, et si, après addition des gouttes, l'homogénéisation n'a pas été faite suffisamment, on n'aura plus dans la boîte de Pétri qu'une fraction du volume d'eau ensemenché. Et c'est ainsi, par exemple, qu'une boîte contenant V gouttes d'eau peut donner une numération plus faible que celle donnée par II gouttes.

Les colonies microbiennes, dès 48 heures, commencent à paraître ; on en fait le dénombrement quotidien. Le chiffre définitif est donné par la moyenne des trois boîtes, soit au bout de 15 jours, soit à cause de la liquéfaction au 4^e, 5^e, 6^e, n^{me} jour. On se sert alors du coefficient Vincent ou Miquel. Je me suis servi en été du coefficient Miquel qui est établi pour la température de 20° - 22° . Il est difficile pratiquement à Montpellier, au

moins pendant l'été, d'avoir une température ambiante inférieure à 20°, même en étuve de d'Arsonval. Depuis octobre, je me suis servi du coefficient Vincent déterminé pour une température de 16°-18°.

§ 2. Analyse qualitative. — Colimétrie. — Isolement et numération du colibacille.

J'ai employé pour la colimétrie la méthode de H. Vincent, qui est actuellement la méthode de choix. Cette méthode est basée sur la culture du colibacille à la température de 41°5 et en eau peptonée phéniquée à 0,85 p. 1000, pour des dilutions allant depuis 0 cc. 05 jusqu'à 100 et 200 cc.

H. Vincent indique pour l'eau peptonée la formule suivante :

NaCl.....	0 gr. 5
Peptone.....	1 gr.
Eau.....	100 gr.

que l'on répartit en tubes de 10 et 20 cc. On stérilise à l'autoclave. Dans les tubes de 10 cc. onensemencera 0cc.05, 0cc.10, 0cc.25, 0cc.50 et 1cc. d'eau. Dans les tubes de 20cc. onensemencera 2cc. et 5cc. d'eau. Dans cinq ballons on met 10 cc., 20 cc., 50 cc., 100 cc. et 200 cc. d'eau à analyser, et on ajoute respectivement 0cc.20, 0cc.40, 1 cc., 2 cc. et 4 cc. d'eau peptonée concentrée suivant la formule :

Peptone.....	50 gr.
NaCl.....	25 gr.
Eau.....	100 gr.

Ce mélange stérilisé ne doit pas être filtré. On ajoute

alors de l'acide phénique aux ballons et aux tubes, de telle sorte qu'on obtienne un milieu phéniqué à un titre prescrit (0 gr. 85 pour 1000).

On prépare, au préalable, une solution d'acide phénique à 5 %, ainsi que des pipettes donnant XXX gouttes au cc.; les pipettes, contenues dans un étui, sont stérilisées au four. Le nombre de gouttes à ajouter aux tubes et ballons est le suivant :

Tubes					
	cc.		cc.		Gouttes
1 ^{er} tube : Eau à analyser	0,05	Eau peptonée	10	Ac. phénique	V
2 ^e — — — — —	0,10	—	10	—	V
3 ^e — — — — —	0,25	—	10	—	V
4 ^e — — — — —	0,50	—	10	—	V
5 ^e — — — — —	1,00	—	10	—	VI
6 ^e — — — — —	2,00	—	20	—	XI
7 ^e — — — — —	5,00	—	20	—	XII

Ballons					
1 ^{er} ballon :	10,00	Eau pept. conc.	0,2	—	V
2 ^e — — — — —	20,00	—	0,4	—	X
3 ^e — — — — —	50,00	—	1,0	—	XXV
4 ^e — — — — —	100,00	—	2,0	—	L
5 ^e — — — — —	200,00	—	4,0	—	C

Afin d'éviter une manipulation assez longue, j'ai essayé de phéniquer l'eau peptonée chlorurée en bloc avant répartition en tubes, comme l'ont indiqué divers auteurs. J'ai obtenu des résultats identiques à ceux d'avant, et l'avantage de n'avoir pas à ajouter à chacun des tubes sa quantité d'acide phénique est évident de par lui-même. La formule de l'eau peptonée phéniquée devient donc la suivante :

Peptone.....	10 gr.
NaCl.....	5 gr.
Solution d'acide phénique à 5 %.	17 cc.
Eau, Q. S. pour.....	1000 cc.

(Nota : il est inutile d'employer l'eau distillée.)

Une fois lesensemencements faits, on porte à l'étuve à 41°5. Au bout de 16 heures, examiner les cultures. Mais, comme chacun sait, ces deux conditions : Acide phénique et température de 41°5, quoique électives pour le colibacille, ne le sont pas exclusivement. Je m'en suis souvent rendu compte.

Certaines bactéries, telles que le *B. subtilis*, le *B. mesentericus*, etc., poussent bien dans ce milieu. Il est donc indispensable de contrôler la spécificité du germe ainsi isolé.

Pour la numération, on note le tube ou ballon qui, pour la moindre dilution, a poussé en colibacille, et on admet conventionnellement que pour cette quantité d'eau il y avait au moins un colibacille. Ainsi, si le tube de 1 cc. a poussé et fourni par la suite les essais caractéristiques du *B. coli*, on déduit que cette eau contient un colibacille par cc., c'est-à-dire 1000 colibacilles par litre.

La colimétrie est un facteur très important dans l'analyse microbiologique de l'eau ; elle est le pivot de sa valeur bactériologique. H. Vincent a proposé les estimations suivantes :

10.000 à 50.000 <i>B. coli</i> au litre.	Eau profondément souillée par les matières fécales ; dangereuse pour la boisson.
1.000 à 10.000 —	Eau mauvaise ou très mauvaise ; impropre à la boisson.
100 à 1.000 —	Eau suspecte.
50 à 100 —	Eau passable ou médiocre.
10 à 50 —	Eau d'assez bonne qualité.
0 —	Eau pure.

Caractérisation du coli

Pour cela, on repique une öse de liquide trouble sur eau peptonée et phéniquée.

Personnellement je procède à trois et même quatre réensemencements successifs de six heures en six heures. Ces passages successifs ont pour but d'éliminer les autres espèces qui, se développant moins vite, n'ont pas encore apparu. Pour obtenir un isolement certain, il faut faire avec le 3^{me} ou 4^{me} repiquage un ensemencement sur milieu d'Endo.

Milieu d'Endo

C'est un bouillon alcalinisé, gélosé, lactosé, coloré par la fuchsine basique, que l'on réduit ensuite à l'état de rosaniline incolore par le sulfite de soude.

Le *B. coli* fait fermenter le lactose en donnant des acides qui, se combinant à la rosaniline, recolorent le milieu en rouge.

Ce milieu est réparti en tubes. Avant emploi, on fait fondre un de ces tubes; on coule dans une boîte de Pétri stérile et, après solidification, on ensemence au moyen d'un agitateur de verre coudé, stérile et chargé d'une dilution de culture.

Au bout de 18-20 heures apparaissent des colonies rouges à reflets mordorés, « cantharidés », caractéristiques du colibacille.

Or, tous ceux qui se sont servis de cette méthode savent combien elle est aléatoire, et combien elle réserve de désillusions aux praticiens.

J'ai substitué à l'ensemencement en boîtes, l'ensemencement en tubes prôné par Reuben L. Kahn (*Journal of Bacteriology*, nov. 1918). On fait successivement,

dans un tube de milieu d'Endo incliné, un ensemencement en surface et en profondeur. En effet, et je l'ai constaté souvent, l'éclat métallique typique du colibacille est plus accentué aux endroits où le milieu est d'une couche plus épaisse que là où il ne présente qu'une couche très mince.

Et, de fait, le rouge cantharidé des colonies à colibacilles est plus marqué en tubes que sur plaques. D'autre part, l'ensemencement en profondeur donne une culture anaérobie avec production de gaz et rougissement du milieu. Cette production gazeuse avec rougissement du milieu est un critère du coli autant que l'apparition de colonies rouges cantharide (1).

Cette méthode en tubes ne nous a jamais occasionné de déboires. Elle offre l'avantage très appréciable d'une

(1) Depuis plusieurs mois, dans le laboratoire de M. le professeur Juillet, nous nous servons de la formule suivante :

Bouillon peptoné.....	1000 cc.
Gélose.....	20 gr.
NaOH dans 20 cc. d'eau. Stériliser....	2 gr.
Lactose dans 100 cc. d'eau. Stériliser..	10 gr.
Fuchsine (solution saturée).....	4 cc.
Sulfite de soude en solution à 10/100.	
Stériliser.....	25 cc.

1^{er} temps : Faire fondre la gélose dans le bouillon. Passer sur un morceau de gaze plusieurs fois repliée (la filtration pratiquement est inutile).

2^e temps : Ajouter séparément et dans leur ordre, en agitant soigneusement, après chaque addition, la solution stérile de soude, de lactose, la fuchsine, et, finalement, la solution de sulfite de soude. Le milieu étant encore chaud, et après une agitation énergique pour bien mélanger, on répartit en tubes ; on stérilise à 115° pendant 15 minutes. Sortir les tubes et incliner le liquide. Le milieu est ainsi prêt.

technique emploi simplifiée et moins compliquée que celle sur boîtes, et une économie de temps et de matériel.

On prélève avec un fil de platine une parcelle de colonie rouge isolée sur Endo, on l'ensemence dans un tube de bouillon peptoné, et sur cette culture on procède à l'identification du colibacille. On se base, pour cela, sur les caractères suivants :

1° Morphologie.

2° Action du B. coli sur le rouge neutre.

3° — — — sous-acétate de Pb.

4° — — — nitrate d'Ag.

5° — — — lait stérilisé.

6° — — — lait tournesolé.

7° Production d'indol.

Le colibacille, quoique polymorphe, se présente généralement sous la forme de bâtonnets assez trappus, peu mobiles, décolorés par le Gram. Nous l'avons parfois rencontré sous la forme coccobacillaire.

Il coagule le lait au bout de 24 heures et rougit ce dernier tournesolé, ne noircit pas un milieu au plomb (sauf quelques exceptions), pousse dans un milieu au nitrate d'argent, décolore avec fluorescence typique le rouge neutre et donne la réaction de l'indol.

Pour le rouge neutre, le milieu au plomb et au nitrate d'argent, je me suis servi, et avec succès, des « papiers réactifs collodionnés » de Hollande et Beauverie (Comptes rendus de la Société de biologie du 18 décembre 1915) (1).

(1) Voici un résumé succinct de leur préparation :

1° Papier au nitrate d'Ag.

Dans une solution NO^3Ag à 1 %, plonger un morceau de papier filtre Schleicher et Schüll, retirer aussitôt et sécher rapidement

Au moment de l'emploi, faire tomber dans un tube contenant 6 cc. de bouillon peptoné un rectangle de $3 \times 1 \text{ cm}^2$ de papier réactif. Fermer le tube avec un tampon de ouate. Stériliser à 118° pendant 20 minutes.

On ensemence avec une ôse de culture et on porte à l'étuve à 37° .

Dans le milieu argentique, après 12 heures, le colibacille seul donne une culture bien développée. Ni l'Eberth, ni le Para A, ni le Para B ne poussent.

Dans le milieu glucose neutral-Roth après passage à l'autoclave, le liquide du tube s'est coloré en rouge au détriment du papier. Le colibacille provoque un changement de couleur : de rouge, le bouillon devient jaune-canari avec une fluorescence typique et, comme le colibacille fait fermenter les sucres, il y a à la surface du liquide une collerette de fines bulles. Les auteurs signalent que des bulles gazeuses étant interposées entre le papier et le collodion, le papier, tel un flotteur, est entraîné à la partie supérieure du tube. Je n'ai jamais pu le constater ; mais le dégagement gazeux est assez net dès la douzième heure pour remédier à cette imperfec-

entre deux doubles de papier buvard blanc. Plonger à nouveau rapidement dans un mélange éthéro-alcoolique renfermant 10 % de collodion officinal non riciné. Egoutter. Dessécher à l'abri de la lumière (Ce papier doit être fait extemporanément).

2° Papier au rouge neutre

Plonger un morceau de papier filtre dans solution suivante :

Glucose 2 gr. 50

Solution aqueuse neutral-Roth à 1 % 25 cc.

Sécher et collodionner.

3° Papier au plomb

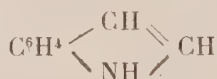
Plonger papier filtre dans extrait de saturne pur. Dessécher et collodionner. Laver à l'eau ordinaire durant 30 minutes. Sécher.

tion. La réaction du B. d'Eberth vis-à-vis du milieu est nulle.

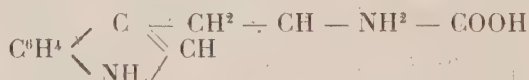
Dans le milieu au plomb, au bout de 20 heures, le papier n'est pas noirci par le colibacille, sauf quelques exceptions, contrairement à l'Eberth qui le noircit.

La réaction de l'indol n'est pas exclusivement symptomatique du colibacille. Assez nombreuses sont les espèces bactériennes qui donnent cette réaction, mais c'est un contrôle de plus d'identification du coli, et un moyen de diagnostic très important et très fidèle.

L'indol ou benzopyrrol



provient de la fermentation bactérienne du tryptophane



Le tryptophane est un acide-aminé résultant de l'hydrolyse des matières protéiques. C'est le cas des peptones et surtout des peptones pancréatiques.

Beaucoup de procédés ont été indiqués pour décèler l'indol : réaction indol nitreuse de Salkowsky.

R. Legal-Weyl identique à celle de l'acétone.

R. Crisafulli : avec un copeau de conifère et HCl.

R. Ehrlich à la diméthylamidobenzaldéhyde.

R. Siere et Escalion au furfurol, etc.....

Après bien des tâtonnements et des essais jamais franchement certains, je me suis arrêté à la réaction indol nitreuse de Salkowsky modifiée par Macé (Traité de Bactériologie, 1913, p. 809) :

A un tube contenant 10 cc. de culture en eau peptonée, ajouter 2 cc. d'alcool amylique pur d'indol, agiter éner-

giquement, laisser reposer quelques instants afin de permettre à l'alcool de se rassembler au-dessus du bouillon. On laisse tomber alors quelques gouttes NO^3H chargé de vapeurs nitreuses. Il y a formation de nitrate de nitroso-indol de couleur rouge-sang.



(d'après Behal, Traité de chimie organique, 3^e édition)

La coloration rouge apparaît dans la partie inférieure de l'alcool et s'étend dans toute la couche. Cette réaction est immédiate, toujours constante et beaucoup plus sensible et intense qu'avec le procédé au nitrite de soude et SO^4H^2 signalé par tous les auteurs et très incertain.

Il faut que la culture ait environ vingt-quatre heures ; mais déjà après dix-douze heures et en eau peptonée à 1 p. 100 la coloration est appréciable.

Je me suis quelquefois servi concurremment du procédé au furfurol recommandé par Fleig et Sicre, qui donne avec l'indol une coloration jaune intense. Ce procédé donne de bons résultats, malheureusement il est difficile à l'heure actuelle de trouver un furfurol incolore.

En plus de la numération et de la colimétrie, j'ai fait en quelques circonstances la recherche des anaérobies et une expérimentation physiologique sur cobaye.

§ 3. Recherche des anaérobies

Pour les anaérobies j'ai employé le tube de Vignal multicoudé avec ensemencement de 10 cc. d'eau dans un tube du milieu suivant :

Gélose	15 gr.
Glucose	10 gr.
NaCl.....	5 gr.
Glycérine.....	5 gr.
Eau.....	1000 gr.

Colorer avec quelques gouttes de sulfo-indigotate de soude à 1/10, avant emploi.

§ 4. Essai physiologique

L'inoculation aux cobayes d'une culture globale de l'eau datant de plusieurs jours a été faite suivant le procédé classique de Pouchet et Roux.

Telle est la technique dont je me suis servi dans les essais décrits au chapitre suivant. Comme on le voit, elle n'est nullement personnelle, mais la résultante de procédés divers proposés par des bactériologistes. Une pratique très assidue pendant plusieurs mois m'a conduit peu à peu, après bien des tâtonnements et des pas incertains, à recueillir des observations soit étrangères, soit personnelles, et à grouper le tout en une méthode que le praticien peut employer avec profit, pour l'analyse bactériologique de l'eau.

CHAPITRE III

RECHERCHES PERSONNELLES

L'objet de ce travail étant de rechercher si l'épuration de l'eau est réelle dans un tonneau de bois, j'eusse pu ne faire que l'analyse bactériologique de l'eau épurée dans un tel récipient. Mais une analyse bactériologique seule n'a qu'une valeur restreinte ; il était nécessaire d'opérer comparativement sur l'eau avant et après son épuration, en multipliant les essais, en faisant varier les quantités de substances épurantes et les conditions de stérilisation. C'est pourquoi j'ai opéré comparativement sur l'eau épurée dans un tonneau et sur cette même eau épurée dans un récipient de verre.

Le principe qui domine le système d'épuration chimique de l'eau est l'action oxydante directe ou indirecte de l'agent épurateur employé : hypochlorite, iode, permanganate. Or, pratiquement, la réaction s'effectue dans un tonneau, c'est-à-dire au contact du bois ; faire agir à faibles doses un oxydant de matières organiques dans un récipient constitué lui-même par une matière orga-

nique, n'est-ce pas à priori un contre-sens ! Que devient cet agent oxydant lorsque, pendant le brassage de l'eau, il est mis en contact avec le bois ? Disparaît-il ou subsiste-t-il en quantité suffisante pour exercer une action bactéricide ? Tel est le problème qui dominait ce travail.

Je me suis donc appliqué à rechercher et comparativement :

1° Pendant combien de temps l'agent épurateur subsistait dans l'eau épurée du tonneau et dans l'eau épurée du flacon de verre.

2° Quelle était la teneur en bactéries de l'eau avant son épuration et ce qu'elle devenait :

a) Après un temps d'épuration déterminé, alors que, suivant les prescriptions officielles, cette eau était théoriquement potable.

b) Quand elle cessait d'être potable suivant ces mêmes prescriptions officielles, c'est-à-dire lorsque, pratiquement, cette eau devait être renouvelée,

en opérant, je le répète, simultanément sur l'eau épurée en tonneau et sur la même eau épurée en flacon de verre, avec une teneur égale du même agent épurateur.

Par conséquent mes essais comprennent :

1° L'analyse bactériologique.

A) De l'eau avant épuration.

B) De l'eau épurée en tonneau.

a) Quand l'eau est dite potable.

b) Quand l'eau est considérée comme ayant perdu sa potabilité.

C) De l'eau épurée en flacon de verre, suivant les deux mêmes temps *a* et *b* que pour l'eau épurée en tonneau.

2° La détermination, en ce qui concerne les essais de

javellisation proprement dite, de l'évolution du chlore dans l'eau.

J'ai mis ces résultats sous forme de tableau. Leur lecture en sera rendue ainsi plus facile et moins fastidieuse.

§ 1^{er}. Matériel employé et mode d'épuration

Tonneau. — Le tonneau dont je me suis servi a été obligeamment mis à ma disposition par la Direction du Service de Santé de la XVI^e Région. C'est une « barrique » de 220 litres, défoncée à la partie supérieure pour permettre le remplissage et recouvert d'une planche servant de couvercle. Ce tonneau provenait d'un hôpital, où il avait déjà été utilisé pour la javellisation de l'eau. Dès son entrée au laboratoire, ce tonneau fut nettoyé avec du permanganate de potasse et de l'acide sulfurique, soigneusement brossé et lavé intérieurement à grande eau. A chaque nouvel essai, les lavages et brossages furent pratiqués suivant ce même procédé.

Verre. — C'est un flacon de un litre en verre blanc, bouché à l'émeri. Le récipient de verre est le récipient parfait pour l'épuration de l'eau, car ses parois ne sont jamais attaquées par les substances épurantes. Le chlore, par exemple, à condition que ce flacon ne soit pas exposé à la lumière solaire directe, y est absorbé beaucoup moins rapidement que dans un récipient de bois.

Agents épurateurs. — La substance épurante utilisée dans ces essais est :

1^o Le chlore, sous forme d'extrait de Javel. Cet extrait provient de la Pharmacie Régionale de Montpellier. L'extrait de Javel est ajouté en quantité variable, mais

chaque fois bien déterminée, depuis 0 milligr. 45 jusqu'à 8 milligr. de Cl actif par litre d'eau.

2° Le permanganate de potassium, sous la forme de poudre Lambert en deux flacons : une poudre grise oxydante et une poudre blanche épurante.

3° L'iode, sous la forme de comprimés Vaillard-Georges en trois flacons :

- 1° Comprimés bleus, d'iodure et iodate ;
- 2° — rouges, d'acide tartrique ;
- 3° — blancs, d'hyposulfite de sodium.

Poudre Lambert et comprimés Georges-Vaillard nous ont été envoyés — sur notre demande — par la Pharmacie centrale de l'Armée.

Modé d'épuration. — Au tonneau mi-rempli d'eau, ajouter la substance épurante. Achèver le remplissage du tonneau, et avec une spatule de bois, comme il était recommandé dans les prescriptions officielles, ou mieux avec un gros agitateur de verre, brasser énergiquement la masse afin de faciliter la diffusion du produit. Orticoni et Nepveu ont insisté, au cours de la guerre, sur l'importance du brassage de l'eau, opération qui, tout en permettant de diminuer la quantité de la substance bactéricide, contribue à rendre l'épuration plus rapide et plus complète. La durée du contact varie depuis 15 minutes jusqu'à 24 et 48 heures.

Pour le récipient de verre, le procédé est identique.

L'eau qui m'a servi dans ces essais est l'eau de Montpellier, prélevée au robinet du Laboratoire de chimie minérale. L'eau de Montpellier est sinon toujours mauvaise, du moins généralement suspecte, car la présence du colibacille y est à peu près constante ; elle se prêtait donc aux recherches que je voulais poursuivre. Parfois,

cependant, j'ai dû contaminer artificiellement l'eau que j'utilisais, en versant dans les récipients mis en expérience une culture de colibacilles. J'ai fait cette contamination lorsque l'eau ne renfermait pas spontanément cette espèce bactérienne, comme cela se produit à certaines époques et comme j'ai pu le constater moi-même au mois d'août 1919.

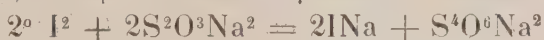
§ 2. Evolution du Cl dans la javellisation

Au début de ce chapitre, j'indiquais que mes essais comprenaient, en plus de l'analyse bactériologique de l'eau épurée en tonneau et en flacon de verre, la détermination du Cl dans l'eau épurée par javellisation.

Cette détermination a été faite en dosant, pour des laps de temps relativement peu espacés, le Cl libre restant dans l'eau. La méthode de dosage employée est la méthode iodométrique, mais avec quelques modifications de technique que je vais indiquer.

Le chlore déplace dans un iodure alcalin un poids proportionnel d'iode, et d'autre part l'iode déplacé est fixé par l'hyposulfite de sodium qui est transformé en tétrathionate de sodium (Fordos et Gilis).

La réaction a lieu en deux phases et peut s'écrire :



J'ai utilisé pour un tel dosage :

1° Une solution d'iodure de K à 2 p. 100.

2° Acide acétique dilué au 1/10.

3° Empois d'amidon.

4° Solution d'hyposulfite de soude « millinormale ».

Pour doser, en effet, des quantités d'halogène aussi

minimes, on ne pouvait songer à une solution d'hypo-sulfite déci ou même centinormale. J'ai donc employé une solution millinormale.

Cette dernière doit être très récente, car trop vieille elle ne décolore plus l'iodure d'amidon bleu ; celle dont je me servais était refaite à chaque nouvelle série d'essais.

Voici comment je procédais :

Dans un verre de Bohême mettre 100 cc. d'eau épurée + 5 cc. de la solution iodurée + 5 cc. d'acide acétique au 1/10 + 1 cc. empois d'amidon.

Il y a production d'iodure d'amidon bleu ; ajouter la solution d'hypo-sulfite N/1000 jusqu'à décoloration.

Le nombre de centim. cubes d'hypo-sulfite $\times 0.00035$ = Cl actif par litre d'eau.

Ce dosage de quantités de Cl aussi minimes, variant de milligrammes à des fractions de milligramme est assez délicat. Il arrive un moment où la coloration de l'iodure d'amidon est à peine visible. On pourrait même croire que tout l'iode a été transformé en tétra-thionate de sodium. On s'aperçoit que la réaction n'est pas finie au détail suivant : Laisser tomber quelques gouttes d'hypo-sulfite sans agiter le liquide ; on observe alors des stries incolores qui prennent naissance dans la masse. Lire la burette et recommencer une nouvelle affusion, et, s'il n'y a plus formation de stries incolores, prendre comme chiffre le nombre lu précédemment.

Cette méthode n'est point parfaite et n'a point la prétention de donner un dosage rigoureusement exact du Cl libre ; telle qu'elle est cependant — et à condition de partir d'une solution d'hypo-sulfite récente — elle fournit des résultats suffisamment approchants et satisfaisants, d'autant plus que j'opérais toujours par comparaison.

L'action bactéricide du Cl ou de tout agent épurateur

quelconque, dans une eau à épurer, dépend de la quantité plus ou moins grande de cet agent, mais relève également du fait que le même agent épurateur subsistera plus ou moins longuement dans le milieu, ce qui revient à dire que l'évolution bactérienne d'une eau à épurer est fonction de l'évolution du Cl dans cette eau. On voit ainsi la nécessité de suivre, pour chaque essai, la chute du Cl dans les récipients mis en expérience.

J'ai mis sous forme de tableaux quelques résultats montrant la marche du Cl dans une eau à épurer depuis le moment d'épuration jusqu'à la disparition du chlore (voir tableaux).

Tonneau de 32 litres

(Javellisation à 3 milligr. de Cl au litre)

I. — 6 novembre 1918

Teneur en milligr. de Cl au litre après 1 heure.	1,75
—	2 1,3
—	3 1
—	4 0,7
—	6 0,4
—	8 Néant

II. — 2 décembre 1918

Teneur en milligr. de Cl au litre après 1 heure.	3,3
—	3 2,8
—	7 1,9
—	11 1,13
—	14 0,53
—	17 0,46
—	19 0,28
—	20 0,21
—	23 0,035
—	24 Néant

Tonneau de 220 litres

(Javellisation à 3 milligr. de Cl au litre)

I. — 12 juin

Teneur en milligr. de Cl au litre après 1 heure.	2,2
— „ „ „ „ „ 3	1,7
— „ „ „ „ „ 16	0,38
Teneur en milligr. de Cl. au litre après 19 heure.	0,31
— „ „ „ „ „ 21	0,28
— „ „ „ „ „ 24	0,15
— „ „ „ „ „ 42	Néant

II. — 8 juillet

Teneur en milligr. de Cl au litre après 1 heure.	2,45
— " — " — "	6 2,13
— " — " — "	30 1,66
— " — " — "	38 1,26
— " — " — "	47 0,56
— " — " — "	74 0,21
— " — " — "	79 Traces
— " — " — "	100 Néant

III. — 20 octobre

Teneur en milligr. de Cl au litre après 1 heure.	2,62
— " — — — — — 3	2,2
— " — — — — — 8	2,1
— " — — — — — 21	0,8
— " — — — — — 30	0,56
— " — — — — — 45	0,45
— " — — — — — 52	0,35
— " — — — — — 96	Traces
— " — — — — — 120	Néant

Les essais 1 et 2 du 6 novembre et du 2 décembre 1918 ont été effectués sur un tonneau de 32 litres, ayant

contenu du vin de Banyuls, mais longuement lavé au permanganate et à l'hypochlorite.

Les trois autres essais ont été faits dans un tonneau de 220 litres, celui qui m'a servi dans toutes mes recherches bactériologiques.

A voir ces courbes de chute de Cl, on remarque tout de suite que, pour une eau javellisée à la même teneur en agent bactéricide, ce dernier avec le temps subsiste plus longuement, probablement à mesure que le tonneau devient plus propre.

Ainsi, dans l'essai I du 6 novembre, le Cl a disparu à la huitième heure, alors que, le 2 décembre dans le même tonneau et pour une même teneur, il subsiste jusqu'à la 24^e heure.

De même pour le tonneau de 220 litres : Dans l'essai du 12 juin, le Cl à la 24^e heure n'est plus qu'à l'état de traces et a disparu complètement à la 40^e heure, tandis que le 8 juillet, il y a encore des traces de Cl à la 79^e heure et le 20 octobre à la 96^e heure.

En flacon de verre, le Cl persiste fort longtemps, plusieurs mois même. Voici comparativement les courbes de disparition du Cl dans une eau javellisée à 6 milligr. d'une part en flacon de verre et d'autre part en tonneau de bois :

Date :	Teneur en milligr. de Cl au litre		
	Après	Tonneau	Verre
17 mars	1 heure	2,	5,39
18 —	17 —	1,7	5,39
—	24 —	1,5	5,39
19 —	44 —	0,52	5,25
20 —	68 —	0,17	5,25
21 —	92 —	0,05	5,11
22 —	116 —	Néant	4,7
28 —			4,4

Teneur en milligr. de Cl. au litre	
Date :	Verre
30 avril	4,2
25 juin	4
9 juillet	3,12
21 octobre	2,91
18 décembre	2,1

Cette différence entre les deux récipients ne pourrait être plus nette. En effet, alors que dans l'eau du tonneau on ne retrouve plus de Cl libre à partir du cinquième jour, l'eau du flacon de verre en contient encore 2 milligr. par litre au 18 décembre, c'est-à-dire neuf mois après.

M. le professeur Fonzes-Diacon (Bulletin Soc. chimiq. de France, t. 25, p. 206, 1919) a suivi pendant plusieurs mois, par une série d'expériences portant sur huit échantillons, la disparition progressive du Cl dans divers extraits de Javel contenus en flacons de verre jaune foncé ou verre blanc, et exposés à la lumière diffuse. Les conclusions sont les suivantes :

1° En verre jaune foncé, la perte en Cl est très faible en quatre mois.

2° En verre blanc, la perte est beaucoup plus élevée et elle est *d'autant plus importante que la richesse en Cl actif est plus grande.*

Cette deuxième conclusion confirme, quoique indirectement, ce que j'avais quelques lignes plus haut : que le Cl en flacon de verre persistait fort longtemps. En effet, si dans un flacon en verre blanc exposé à la lumière diffuse, la disparition du Cl actif est d'autant plus importante que la richesse en ce même Cl actif est plus grande, inversement, dans une eau contenant par litre quelques

milligrammes seulement de Cl actif, ce dernier ne disparaîtra que fort lentement; et l'expérience confirme ces dires, puisque, je le répète, dans un flacon de verre où l'eau a été javellisée à raison de 6 milligr. par litre, on en retrouve 2 milligr. au bout de neuf mois.

En résumé, de toutes ces considérations on peut déduire que, dans l'épuration de l'eau dans un récipient de bois, le nettoyage de ce dernier est un facteur d'une importance extrême. C'est une opération capitale, d'où dépend tout le succès de la javellisation.

Les eaux contiennent des matières organiques et minérales, dissoutes ou en suspension, et ce sont ces matières qui absorbent le Cl bien plus que ne le fait le bois du tonneau; les critiques en ce sens qu'on a faites au tonneau sont excessives. En effet, dans un tonneau rempli d'eau à épurer, lorsqu'on ajoute de l'extrait de Javel, le Cl se répartit dans toute la masse du liquide (répartition facilitée par le brassage) et est fixé peu à peu par les matières dissoutes ou en suspension que contient l'eau, tandis qu'il n'est absorbé qu'à la périphérie du tonneau. Le liquide, par l'agitation mécanique, a, il est vrai, les surfaces qui sont en contact avec les parois du tonneau renouvelées, mais ces zones périphériques où le liquide est en contact avec le tonneau, c'est-à-dire où le Cl du liquide est fixé par le bois, sont très petites par rapport au volume de l'eau, et, si les douves du tonneau sont minutieusement propres, le bois n'absorbera le chlore que très lentement par les déplacements du liquide.

Inversement, si on laisse les matières organiques ou argileuses de l'eau s'accumuler sur les parois du ton-

neau, il va de toute évidence que la substance épurante sera fixée par ces matières dans un taux proportionné à leur quantité.

Tableau I

A. Eau de Montpellier javellisée à 1 milligr. de Cl au litre

		Eau type		Eau javellisée			
				Verre		Tonneau	
				à la	à la	à la	à la
				24 ^e heure	48 ^e heure	24 ^e heure	48 ^e heure
Date :	Teneur en milligr. de Cl.			1	0,8	0,06	Néant
30 avril.	Germes aérobies au cc.	275	65	145	2267	5467	
	Colibacilles au litre....	500	0	0	0	0	
7 mai.	Teneur en Cl.....					Néant	Néant
	Germes aérobies au cc.	391			4191	Liquéf. au 2 ^e j.	
	Colibacilles au litre....	1000			0		
16 juill.	Teneur en milligr. de Cl.		0,28	Traces	Traces	Néant	
	Germes aérobies au cc.	2899	50	112	115	1433	
	dont liquéfiantes.....	2836	0	25	0	3	
	Colibacilles au cc.....	500	0	0	0	200	
	(ensem. jusqu'à 200 cc.)						

B. Eau contaminée avec du colibacille et javellisée à 1 milligr. de Cl au litre

		Eau type		Eau javellisée			
				Verre		Tonneau	
				à la	à la	à la	à la
				24 ^e heure	48 ^e heure	24 ^e heure	48 ^e heure
Date :	Teneur en milligr. de Cl.					0,52	Néant
3 juin.	Germes aérobies au cc.	Innomb.				2965	Liq. 2 ^e j.
	dont liquéfiantes.....	257				186	
	Colibacilles au litre....	> 20000				10000	20000
11 octob.	Teneur en milligr. de Cl.		Néant	Néant	Néant	Néant	Néant
	Germes aérobies au cc.	44057	534	353	5945	13469	
	dont liquéfiantes.....	165	75	0	560	1015	
	Colibacilles au litre....	> 20000	0	8	100	200	

Tableau II

Eau de Montpellier javellisée à 3 milligr. de Cl au litre

		Eau type		Eau javellisée	
		Verre		Tonneau	
		à la 24 ^e heure	à la 48 ^e heure	à la 24 ^e heure	à la 48 ^e heure
Date :	Teneur en milligr. de Cl.	1, 08	0, 49	0, 28	Néant
12 juin.	Germes aérobies au cc.	296	40	43	1841
	dont liquéfiantes.....	55	0	0	142
	Anaérobies stricts.....		0	0	0
	Colibacilles au litre....	4000	0	0	20000
	(ensem. jusqu'à 200 cc.)				
8 juill.	Teneur en milligr. de Cl.			1, 34	0, 4
	Germes aérobies au cc.	587		274	1100
	dont liquéfiantes.....	32		31	100
	Colibacilles au litre....	200		0	0
20 octob.	Teneur en milligr. de Cl.	2, 2	1, 10	0, 63	Traces
	Germes aérobies au cc.	1500	74	50	411
	dont liquéfiantes.....	960	0	0	48
	Anaérobies stricts.....	0	0	0	0
	Colibacilles au litre....	2000	0	0	10
	(ensem. jusqu'à 200 cc.)				
	Essai physiologique ...	Survie		Survie	
26 octob.	Teneur en milligr. de Cl.	1, 29	1, 06	0, 35	Traces
	Germes aérobies au cc.	509	66	47	344
	dont liquéfiantes.....	116	0	0	3
	Anaérobies stricts.....	0	0	0	0
	Colibacilles au litre....	1000	0	0	0
	(ensem. jusqu'à 200 cc.)				10

Tableau III

A. Eau de Montpellier javellisée à III gouttes d'extrait de Javel à 30 gr. Cl ‰
par 10 litres d'eau, c.-à-d. javellisation à 0 milligr. 45 de Cl au litre

		Eau type		Eau javellisée	
		Verre		Tonneau	
		Après 45 min.	Après 24 heures	Après 45 min.	Après 24 heures
Date :	Teneur en Cl.....	Trac.	Néant	Tr. faib.	Néant
2 août.	Germes aérobies au cc.	360	59	54	321
	dont liquéfiantes.....	63	9	0	0
	Colibacilles au litre....	0	0	0	0

B. Eau de Montpellier contaminée avec du colibacille et javellisée à IV gouttes d'extrait à 27 gr. 33 Cl ‰ par 10 litres d'eau, c.-à-d. javellisation à 0 milligr. 54 de Cl au litre.

		Eau type	Eau javellisée			
			Verre		Tonneau	
			Après 45 min.	Après 24 heures	Après 45 min.	Après 24 heures
Date :	Teneur en Cl.....	Trac.	Néant	Tr. faib.	Néant	
6 octob.	Germes aérobies au cc.	237857	936	424	3059	3950
	dont liquéfiantes.....	5168	26	13	37	186
	Colibacilles au litre....	> 20000	10	100	100	10000

Tableaux IV et V

Eau de Montpellier javellisée à 6 milligr. de Cl au litre

		Eau type	Eau javellisée			
			Verre		Tonneau	
			Après 24 heures	Après 48 heures	Après 24 heures	Après 48 heures
Date :	Teneur en milligr. de Cl.		5.		2	0, 38
1 ^{er} juill.	Germes aérobies au cc.	1211	47		153	785
	dont liquéfiantes.....	35	0		0	127
	Colibacilles au litre....	1000	0		0	0
	Essai physiologique ...	Survie			Survie	

Eau de Montpellier javellisée à 8 milligr. de Cl au litre

		Eau type	Eau javellisée			
			Verre		Tonneau	
			Après 24 heures	Après 48 heures	Après 24 heures	Après 48 heures
Date :	Teneur en milligr. de Cl.		6, 5		4	1, 5
25 juin.	Germes aérobies au cc.	790	47		218	217
	dont liquéfiantes.....	337	6		30	20
	Colibacilles au litre....	2000	0		0	0
	Essai physiologique ...	Survie	0		Survie	

Tableau VI

A. Eau de Montpellier épurée au permanganate (Poudres Lambert)

		Eau type		Eau javellisée	
		Verre		Tonneau	
		Après 3 heures	Après 24 heures	Après 3 heures	Après 24 heures
Date :	Germes aérobies au cc.	170	240	193	108
14 août.	dont liquéfiantes.....	136	0	0	16
	Colibacilles au litre....	0	0	0	0

B. Eau de Montpellier contaminée avec du colibacille et épurée au permanganate (Poudres Lambert)

		Eau type		Eau javellisée	
		Verre		Tonneau	
		Après 3 heures	Après 24 heures	Après 3 heures	Après 24 heures
Date :	Germes aérobies au cc.	139450	420	88	1049
11 sept.	dont liquéfiantes.....	Liq. 3 ^e j.	0	0	0
	Colibacilles au litre....	> 20000	0	0	0

Tableau VII

A. Eau de Montpellier épurée à l'iode (Comprimés Georges-Vaillard)

		Eau type		Eau javellisée	
		Verre		Tonneau	
		Après 15 min.	Après 24 heures	Après 15 min.	Après 24 heures
Date :	Germes aérobies au cc.	266	550	386	874
29 août.	dont liquéfiantes.....	28	50	50	36
	Colibacilles au litre....	0	0	0	0

B. Eau de Montpellier contaminée avec du colibacille et épurée à l'iode (Comprimés Georges-Vaillard)

		Eau type		Eau javellisée	
		Verre		Tonneau	
		Après 30 min.	Après 24 heures	Après 30 min.	Après 24 heures
Date :	Germes aérobies au cc.	19759	69	19	1136
22 sept.	dont liquéfiantes.....	122	0	0	30
	Colibacilles au litre....	10000	0	0	0

§ 3. Analyses bactériologiques. Résultats et discussion

JAVELLISATION A 1 MILLIGR.

(Voir tableau I)

1^o Sur eau de Montpellier

Dans les deux analyses du 30 avril et du 7 mai le colibacille a disparu, mais le nombre de germes au centimètre cube s'est accru notablement malgré le Cl. Il est vrai que ces colonies bactériennes sont surtout des moisissures, probablement saprophytes du bois du tonneau, entraînées par agitation et mêlées à l'eau: Le Cl — je l'ai observé à plusieurs reprises — paraît moins actif sur ces moisissures que sur les bactéries proprement dites. De plus, ce sont les deux premiers essais effectués sur le tonneau de bois de 220 litres.

Je faisais remarquer, dans une page précédente, que la persistance du Cl, dans une eau épurée, en tonneau, allait en s'accroissant avec le temps, c'est-à-dire au fur et à mesure que le tonneau devenait plus propre. Inversement pour les moisissures, leur nombre diminue à la longue et dans ma dernière analyse (26 octobre) il n'y en a plus que 250.

L'analyse du 16 juillet est plus probante. De 2399 colonies au cc. et 500 colibacilles au litre, l'eau de tonneau, après 24 heures de javellisation, descend à 118 colonies et la recherche du colibacille demeure négative (1) (ensemencement jusqu'à 200 cc.). Après 48 heu-

(1) Je rappelle que dans mes analyses bactériologiques j'ai fait les recherches du colibacille sur des quantités d'eau allant de 0 cc. 05 jusqu'à 200 cc. Quand, sur le volume de 200 cc., la recher-

res — mais il n'y a plus de Cl libre — la numération remonte à 1433 et la colimétrie à 200.

En flacon de verre l'épuration est parfaite. Du reste dans un récipient de verre je n'ai jamais pu déceler du colibacille, sauf une fois (analyse du 6 octobre, Tableau III) où l'eau était fortement souillée et la teneur en Cl infime (0 milligr. 54 $\frac{1}{100}$).

2^e Sur eau contaminée

J'ai déjà expliqué au début de ce chapitre pour quels motifs j'ai dû parfois contaminer volontairement de l'eau (1). De plus, en agissant de la sorte, je voulais obtenir des différences plus marquées entre l'eau avant épuration et l'eau après épuration. Cette contamination a été faite avec une culture de colibacille provenant de l'Institut Pasteur, culture sur eau peptonée et datant de 24 heures. Dans le premier essai j'ai ajouté, pour 200 l. d'eau, 100 cc. de culture. C'était beaucoup trop et la numération devenait impossible. Dès le deuxième essai, la quantité de culture ajoutée ne fut que de 15 cc.

Dans les deux séries d'analyses bactériologiques du 3 juin et du 11 octobre, nous pouvons déjà nous rendre mieux compte de la possibilité de l'épuration en tonneau de bois. Quoiqu'en petite quantité, le Cl a agi néanmoins : il y a diminution de germes aérobies et diminution de colibacilles ; toutefois ce dernier subsiste encore et en proportion assez notable, ce qui prouve que l'action bactéricide du Cl n'est pas absolue, mais relative.

che du colibacille est négative, cela signifie non point que dans cette eau il n'y ait absolument pas de colibacille, mais que, « théoriquement », le nombre de colibacilles au litre est inférieur à 5.

(1) En période de sécheresse, l'eau de Montpellier contient peu de colibacilles et, durant le mois d'août, je n'en ai pu trouver.

JAVELLISATION A 3 MILLIGR.

(Voir tableau II)

Dans cette série de quatre analyses nous voyons que, tant qu'il reste du Cl libre dans l'eau, le colibacille est supprimé ou fortement diminué.

Le 12 juin, après 24 heures d'épuration, il reste dans l'eau du tonneau 0 milligr. 23 de Cl ‰; aussi, dans cette eau ensemencée en eau peptonée phéniquée à 41°5 jusqu'à 200 cc., la recherche du coli demeure-t-elle négative. Après 48 heures tout le Cl a été absorbé; il y a alors grande pullulation microbienne et réapparition du coli avec augmentation. Nous passons de 296 colonies au cent. cube et 4000 coli au litre à 12606 colonies au cent. cube et 20000 coli au litre.

Dans l'analyse du 8 juillet, il reste 0 milligr. 4 de Cl après 48 heures. Aussi ne retrouve-t-on pas du tout de colibacille.

Ces deux analyses du 12 juin et du 8 juillet ont été faites en prenant comme eau type l'eau de Montpellier. Les deux derniers essais du II^e Tableau, du 20 et du 26 octobre, ont été également faits en prenant l'eau de Montpellier comme eau type, mais dans des circonstances sur lesquelles il convient de donner quelques explications.

L'eau qui sert à l'alimentation montpelliéraine est fournie exclusivement par la source du Lez. Or, la situation topographique de cette source est telle que, après des pluies abondantes, les eaux superficielles viennent se déverser dans le bassin même (Bertin-Sans, Rodet). M. le D^r Ros, dans une thèse soutenue en 1907 ici même, a mis en évidence l'influence des phénomènes météori-

ques sur la composition chimique et bactériologique des eaux de la source du Lez et le danger de contamination consécutif que cette même eau pouvait présenter pour la ville.

Ce dernier été de 1919 fut particulièrement sec ; il faut remonter assez loin pour retrouver une pareille sécheresse. Durant le mois d'août je n'ai pu caractériser le colibacille dans l'eau de Montpellier (analyses des 2, 14 et 29 août), les bactéries ayant poussé en milieu phéniqué et à 41°5 sont sporulées.

Mais, à la fin septembre, de violents et nombreux orages survinrent et, aux premiers jours d'octobre, le maire de la ville — sur un avis du Bureau d'hygiène — invitait la population à ne faire usage de l'eau pour boisson qu'après ébullition.

En faisant ces deux analyses du 20 et du 26 octobre, j'ai donc voulu me rendre compte, tout en poursuivant mes essais d'épuration en tonneau, de la modification bactériologique que pouvait avoir subie l'eau de Montpellier après une période d'orages succédant à une sécheresse aiguë.

L'analyse chimique de l'eau de Montpellier, le 20 octobre, fournit les résultats suivants :

Oxygène emprunté en milieu alcalin..	0 milligr. 7
Chlorures (en Cl).....	21 milligr.
Degré hydrotimétrique total.....	20°
Nitrites	0
Ammoniaque libre.....	0
Ammoniaque albuminoïde... ..	traces.

Les chiffres inscrits sur le tableau II en regard de ces deux dates 20 et 26 octobre sont probants en faveur d'une réelle possibilité de l'épuration en tonneau de

bois. Alors que l'eau avant javellisation contient 2000 et 1000 coli au litre, l'eau après 24 heures de javellisation n'en contient pas (1) et après 48 heures n'en renferme que 10. Il y a aussi diminution du nombre de bactéries et encore il faut noter que ce sont surtout des moisissures, au développement desquelles le Cl semble ne pas s'opposer avec efficacité.

JAVELLISATION A III GOUTTES D'EXTRAIT POUR 10 LITRES D'EAU.

(Voir tableau III)

1° *Sur l'eau de Montpellier*

C'était le mode de javellisation employé le plus souvent sur le front avancé (voir chapitre I, page 19). On détermine empiriquement pour chaque eau la quantité d'hypochlorite nécessaire et on estime qu'une durée de contact de 45 minutes est suffisante pour que, s'il y a encore du Cl libre, l'eau soit consommable. Pour l'eau de Montpellier, au 2 août, avec un extrait titrant 30 gr. de Cl par litre, III gouttes de ce liquide sont suffisantes pour 10 litres d'eau, ce qui fixe le taux de la javellisation, pour cette expérience, à 0 milligr. 45 de Cl par litre.

Dans cet essai du 2 août, de même que dans ceux ultérieurs du 14 et du 29 août, l'épuration n'a amené aucun changement microbien appréciable. L'eau de Montpellier ne contient pas de colibacilles; en milieu phéniqué et à 41°5, ce sont des bactéries sporulées qui poussent; ces bactéries sporulées résistent à l'action bactéricide du Cl, car on les retrouve et dans l'eau du tonneau et dans l'eau du flacon de verre.

(1) Ensemencement jusqu'à 200 cc., Voir note plus haut.

2° *Sur eau contaminée*

L'eau a été contaminée avec 15 cc. d'une culture de colibacille pour 200 litres d'eau. La quantité d'hypochlorite nécessaire, déterminée comme plus haut, est de 1V gouttes d'extrait pour 10 litres d'eau. L'extrait de Javel titre, au 6 octobre, 27 gr. 33 de Cl par litre, ce qui porte le taux de la javellisation à 0 milligr. 54 par litre.

La chute bactérienne et colibacillaire dans cet essai du 6 octobre est nettement marquée, puisque de 237.857 germes au cc. on tombe à 3059 et de plus de 20000 coli au litre à 100. La javellisation est néanmoins ici insuffisante, et même en flacon de verre, alors qu'au bout de 24 heures la réaction ioduroamidonnée du Cl est positive, on trouve 10 coli au litre.

JAVELLISATION A 6 MILLIGR. ET 8 MILLIGR. DE CL

(Tableaux IV et V)

Il n'est pas nécessaire d'insister sur ces deux essais d'épuration faits au taux de 6 et 8 milligr. de Cl actif par litre d'eau. Les chiffres parlent d'eux-mêmes. Dans les deux cas il y a encore du Cl après 48 heures. La diminution bactérienne est manifeste et la disparition du colibacille complète.

A noter que pour l'analyse du 1^{er} juillet, dans l'eau javellisée à 6 milligr., après 48 heures il y a pour 785 germes au cc. 455 moisissures.

Pour l'eau javellisée à 8 milligr. ‰ en flacon de verre, j'ai, dans la numération, noté parmi les colonies apparues une colonie jaune-orangé, liquéfiant la gélatine — après un laps de temps assez long — se présentant au micros-

cope sous la forme de cocci positifs au Gram, en grappes, morphologiquement identiques au staphylocoque.

Une deuxième fois j'ai trouvé du staphylocoque dans une numération sur plaque, provenant d'une eau épurée par l'iode et en flacon de verre.

De ces divers essais de javellisation en tonneau de bois, on peut tirer les déductions suivantes :

1° L'épuration de l'eau en tonneau de bois est possible, toutefois avec des restrictions sur lesquelles j'insisterai plus loin.

2° Pour l'eau de Montpellier, *pauvre en matières organiques*, on a de bons résultats à partir d'une javellisation à 3 milligr. par litre.

3° Il importe de retenir que l'action bactéricide du Cl n'est que relative, c'est-à-dire peut ne pas être absolument complète. En effet, après 18 heures de javellisation, le colibacille quelquefois réapparaît ; c'est donc que la teneur en colibacille avait été très fortement diminuée, mais que ce dernier n'avait pas été détruit entièrement.

PERMANGANATATION

(Voir tableau VI)

L'épuration a été faite avec les poudres Lambert, à la dose de 1 gr. pour 10 litres d'eau. Durée du contact : 3 heures.

Sur l'eau de Montpellier (analyse du 14 août), pas de grandes modifications. L'eau type elle-même ne renferme pas de colibacille. Mais sur l'eau contaminée (analyse du 11 septembre), la différence est immense. L'eau avant

épuration contient 139.450 colonies au cc. et plus de 20.000 colibacilles au litre. Après épuración au permanganate, la numération descend à 1.049, la recherche du coli est négative; même après 24 heures.

IODISATION

(Voir tableau VII)

L'épuration a été effectuée avec les comprimés Vaillard-Georges à la dose de 1 comprimé par 10 litres d'eau. Durée de contact : 1/2 heure.

Les résultats sont à peu près identiques à ceux du permanganate.

Sur l'eau de Montpellier (analyse du 29 août), pas de changement notable, mais sur l'eau contaminée (analyse du 22 septembre), les chiffres sont aussi probants que ceux du permanganate.

Avant l'épuration l'eau contient 19.752 colonies au cc. et 10.000 coli au litre. Après 1/2 heure d'épuration, il n'y a plus que 1.136 germes au cc. Le colibacille a disparu et même après 24 heures on ne le retrouve pas.

CHAPITRE IV

CONCLUSIONS

§ 1^{er}. Javellisation

Les divers essais décrits au cours du précédent chapitre et une longue pratique personnelle me permettent de tirer les déductions suivantes :

Alors que dans un récipient de verre l'épuration de l'eau se montre parfaite et toujours certaine, la javellisation en tonneau de bois n'est que « théoriquement » réalisable.

Je dis théoriquement réalisable et voici pourquoi :

1° Les recherches auxquelles je fais allusion sont, il ne faut pas l'oublier, du domaine du laboratoire, c'est-à-dire effectuées avec cet ensemble de bonnes conditions nécessaires à l'entreprise de toute expérience de laboratoire. Or, en campagne, et ceci ne laisse aucun doute, les milieux sont bien changés.

2° Ces essais ont porté sur une eau limpide, pauvre en matières organiques (environ 0 mgr. 6 p. 1000 par litre

d'oxygène emprunté), une eau en un mot éminemment favorable pour une bonne javellisation. Or, même ainsi, la javellisation ne suffit pas pour remédier avec certitude à une contamination massive de l'eau, contamination que je réalisais artificiellement, mais qui peut être observée dans la pratique et aggravée par une richesse plus grande et simultanée en matières organiques, qui entraveraient l'action bactéricide du chlore.

3° Il importe au plus haut point d'employer un tonneau parfaitement propre, débarrassé mécaniquement au préalable de toutes les substances qui pourraient en recouvrir la paroi intérieure. Il faut multiplier ces nettoyages après chaque épuration et ces nettoyages devront être rigoureusement et scrupuleusement effectués si l'on veut que l'action bactéricide du Cl soit réelle et persistante.

En campagne, cela est-il aisément possible ? Non ; on utilisera toujours le premier tonneau venu. S'il a contenu du vin, ce qui se produit généralement, le tartre déposé sur sa paroi viendra, après agitation de l'eau, s'y dissoudre et absorber le Cl au détriment de l'épuration bactériologique de cette eau.

L'épuration et surtout la javellisation devraient être effectuées par un officier du service de santé (médecin de bataillon ou pharmacien), lequel aurait à sa disposition une équipe spéciale instruite à cet effet. Dans la pratique, le soin de la javellisation est le plus souvent confié à un homme ordinairement bien peu qualifié pour ce travail, et en tout cas insuffisamment éduqué sur l'importance de cette fonction.

4° Le chlore, ainsi que je l'ai observé, peut agir comme bactéricide dans un tonneau de bois, mais ce dernier n'en demeurera pas moins suspect, car son

emploi nécessitera toujours une surveillance rigoureuse, suivie d'analyses bactériologiques et comparatives de l'eau avant et après son épuration, et suivie d'un contrôle de l'évolution du Cl dans cette eau.

De telles mesures, qui peuvent facilement s'effectuer dans un laboratoire, deviennent d'une exécution autrement difficile en campagne. On voit ainsi combien l'emploi du tonneau de bois pour la javellisation est une méthode délicate, relative, suspecte à cause de la facilité apparente d'application, entachée d'inconvénients, en un mot, une méthode ne pouvant être réalisée que théoriquement.

Naturellement, dans des tonneaux enduits intérieurement d'une couche isolante et résistante, les inconvénients signalés plus haut peuvent être sinon supprimés, tout au moins diminués. On a eu essayé l'asphaltiné, mais on dû y renoncer à cause du goût et de l'odeur insupportable de goudron que l'asphaltine communiquait à l'eau.

A. Péneau, en 1917, a prôné le « paraffinage » de la paroi intérieure du tonneau. Ce procédé a été utilisé à la 63^e division d'infanterie et a donné pleine satisfaction, ce qui indirectement confirme nos résultats. Mais cette technique est particulièrement longue ; il faut, avant le paraffinage, flamber avec une lampe à souder, l'une après l'autre, les douves du tonneau. Une telle complication de manipulations préalables semble diminuer la valeur pratique de la méthode.

Et puisqu'il est question de paraffine, qui paraît être, en l'occurrence, un isolant parfait, peut-être y aurait-il intérêt à s'en servir, non plus pour des tonneaux de bois, mais mieux, pour des récipients en toile analogue à celle des seaux en toile et de capacité plus ou moins

grande. Ici le mode d'application ne saurait être plus simple. D'un modèle pliant, ces récipients de toile seraient facilement transportables et sur place on les paraffinerait. Ceci n'est qu'une vue personnelle, mais il n'est pas invraisemblable de penser que de tels récipients en toile paraffinée pourraient, en campagne, rendre service.

§ 2. Permanganatation et iodisation

Si en tonneau de bois l'épuration par javellisation reste un procédé suspect, il en est tout différemment en ce qui concerne la permanganatation et l'iodisation. Ces deux procédés ont une action beaucoup plus certaine, et les quelques essais que j'ai faits le montrent très nettement. C'est avec l'un ou l'autre de ces procédés que le tonneau peut efficacement servir et rendre, quoique moyen de fortune, de précieux services. Le procédé Lambert au permanganate, à notre avis, est le meilleur; on peut le considérer comme le procédé de choix. Il est bien supérieur et de beaucoup à la javellisation, ses aléas sont minimes et ses résultats probants.

En résumé, la javellisation en tonneau de bois n'est pas réalisable pratiquement, c'est un procédé à rejeter, car il est trop délicat et exige des conditions matériellement impossibles en campagne.

Faut-il pour cela proscrire formellement l'emploi du tonneau? Non, car on peut y assurer une épuration complète de l'eau, soit par l'iode, soit surtout par le permanganate. Employé de la sorte, le tonneau sera grandement utile, soit aux colonies, soit pour les armées en campagne, dans une guerre de stationnement.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1892. ROUX (G.). — Précis d'analyse microbiologique des eaux (Baillièrre, éditeur).
1895. ALLAIN. — Epuration de l'eau par l'iode (Bulletin Société Industrielle de Marseille, p. 113 et suiv.).
1895. TRAUBE et BASSENGE. — Préparation d'eau stéril. par le chlor. de chaux (Zeitschrift für Hyg. med., t. 20, p. 227).
1899. JADIN. — Hydrologie et minéralogie (Maloine, éditeur).
1903. CAUSSE (H.). — Hydrologie (de Rudeval, éditeur).
1907. ROS (Valentin). — Etude de la source du Lez (Thèse doctorat pharmacie, Montpellier).
1911. BEHAL et VALEUR. — Chimie organique, t. II, 2^e fascicule (O. Doin, 3^e éd.).
1913. MACÉ. — Traité de bactériologie (Baillièrre, 3^e éd.).
1914. DOPTER et SACQUEPÉE. — Précis de bactériologie (Baillièrre, éditeur).
1915. GARRET. — Archives de médecine et pharm. milit., p. 67-73, août.
1915. GUILLAUMIN et VIENNE. — Moyen de reconnaître si une eau est javellisée (J. pharm. et chimie, 7^e série, 12, p. 377).
1915. HOLLANDE et BEAUVÉRIE. — Papiers réactifs collodionnés (C. R. Société biol., t. LXXVIII, p. 722).
1915. PÉNEAU (H.). — Stérilis. collect. et indiv. de l'eau en campagne (J. pharm. et chimie, 7^e série, 12, p. 123).
1916. COMTE. — Sur quelques perfectionnements proposés pour javellis. des eaux (J. pharm. et chimie, 7^e série, 14, p. 261).

1916. GAILLARD. — Epuration des eaux (Revue scientifique, 11-18 mars).
1916. PÉNEAU. — Stérilis. des eaux en campagne (J. pharm. et chim., 7^e série, 13, p. 377).
1917. MASSY. — Sur la détermination de la quantité d'extrait de Javel pour épurer une eau (J. pharm. et chimie, 7^e série, 15, p. 213).
1918. REUBEN L. KAHN. — A simplified confirmation test for B. coli (J. of bacteriol., t. III, p. 555-560, nov.).
— The differentiation of lactose fermenting anaërobies from B. coli (J. of bacteriol., t. III, p. 561-564, nov.).
1918. TOURNADE. — La pratique de l'hygiène en campagne (Fournier, 2^e éd).
1919. DIENERT et WANDENBLUCKE. — Action de l'hyposulfite de soude sur les hypochlorites (C. R. Académie des sciences, séance 7 juillet).
1919. DOPTER et RIEUX. — La javellisation des eaux de boisson aux armées françaises pendant la guerre (Bulletin Acad. de médecine, séance 10 juin).
1919. FONZES-DIACON. — Sur la stabilité des extraits de Javel (Bulletin Soc. chimiq. de France, t. 25, p. 206).

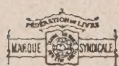
VU ET BÛN A IMPRIMER:
Montpellier, le 19 janvier 1920.
Le Président de la thèse,
D^r FONZES-DIACON.*

VU ET APPROUVÉ:
Montpellier, le 19 janvier 1920.
Le Directeur de l'École,
G. MASSOL.

Vu et permis d'imprimer:
Montpellier, le 20 janvier 1920.
Le Recteur,
Jules COULET.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	9
CHAPITRE PREMIER. — DE L'ÉPURATION CHIMIQUE DE L'EAU.	16
§ 1 ^{er} . — Javellisation.....	16
§ 2. — Permanganatation	21
§ 3. — Iodisation	24
CHAPITRE II. — TECHNIQUE BACTÉRIOLOGIQUE ADOPTÉE POUR L'ANALYSE DE L'EAU.....	28
§ 1 ^{er} . — Analyse quantitative. Numération.....	29
§ 2. — Analyse qualitative. Colimétrie. Isolement et numération du colibacille.....	31
§ 3. — Recherche des anaérobies.....	39
§ 4. — Essai physiologique.....	40
CHAPITRE III. — RECHERCHES PERSONNELLES.....	41
§ 1 ^{er} . — Matériel employé et mode d'épuration.....	43
§ 2. — Evolution du chlore dans la javellisation	45
§ 3. — Analyses bactériologiques. Résultats et discussion.	56
CHAPITRE IV. — CONCLUSIONS.....	64
§ 1 ^{er} . — Javellisation.....	64
§ 2. — Permanganatation et iodisation. Choix du procédé.	67
INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.....	69



Montpellier. — *L'Abeille*, Imprimerie Coopérative ouvrière
14, avenue de Toulouse. — Téléph. 8-78.
